

## ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ТА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ПРОЦЕСІ БУРІННЯ

У статті означено сутність інтелектуального статистичного контролю процесів та прийняття рішень з застосуванням штучного інтелекту. Наведено результати дослідження, які визначають переваги використання інтелектуальної обробки даних з врахуванням даних про процес для створення окремих компонентів інтелектуальної системи прийняття рішень: контролю та підтримки прийняття рішень. Наведено теоретичні аспекти імітаційного моделювання та комп'ютерним в бурінні. Доведено доцільність використання міркувань на основі прецедентів при побудові цифрового нафтового родовища та зв'язаних виробничих середовищ та виявлено вплив такого підходу на підвищення надійності активів та уникнення простоїв. В статті розглянуто напрямки покращення стратегії технічного обслуговування, шляхом здійснення контролю на всіх етапах циклу виробництва, встановлення пріоритетів, щодо обслуговування активів, планування роботи. Штучний інтелект розглянуто як засіб, що дозволяє уникнути відволікання на непотрібні дані, створення покращеної видимості процесу, а відповідно покращення безпеки та підвищення ефективності процесу прийняття рішень.

Висвітлено особливості технологічних процесів буріння, що мають бути враховані при інтелектуальній підтримці прийняття рішення. Розглянуто залежність типу інформації яка була використана як основа для прийняття рішень на проміжок часу між її отриманням та здійсненням дії, на можливість використання рішення стратегічно, оперативно чи миттєво.

Ключові слова: міркування на основі знань, інтелектуальний контроль, підтримка прийняття рішень, буріння свердловин, інтелектуальна система.

POTERIAILO L.

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

## INTELLECTUALIZATION OF CONTROL AND SUPPORTING DECISION-MAKING IN THE DRILLING PROCESS

The article identifies the essence of intellectual statistical control of processes and decision-making using artificial intelligence. The results of the study are presented, which determine the advantages of using intelligent data processing taking into account the process data to create individual components of the intelligent decision-making system: control and support of decision-making. Theoretical aspects of simulation and computer drilling are presented. The expediency of using precedent-based considerations in the construction of a digital oil field and related production environments is demonstrated and the impact of such an approach on improving asset reliability and avoiding downtime is identified. The article considers the areas of improving the maintenance strategy by monitoring at all stages of the production cycle, setting priorities for asset maintenance, work planning. Artificial intelligence is seen as a means of avoiding distractions to unnecessary data, creating improved process visibility, and thus improving security and improving the efficiency of the decision-making process.

The peculiarities of drilling technological processes that should be taken into account in the intellectual support of decision making are highlighted. The dependence of the type of information that was used as a basis for decision-making for the period between its receipt and implementation of the action, the possibility of using the decision strategically, quickly or instantly.

Key words: knowledge - based reasoning, intellectual control, decision support, well drilling, intelligent system.

**Постановка проблеми.** Технологічне середовище буріння характеризується низкою етапів, які взаємодіють для отримання кінцевого продукту. Ці взаємодії ускладнюють діагностику проблем, які можуть виникнути у загальному виробничому процесі. Є кілька простих процесів, які є одноступеневими, проте навіть вони можуть виявляти особливості, які ускладнюють виявлення проблем та їх подальше вирішення, якщо не передбачено інтелектуальної автоматизації.

Статистичний контроль процесів (SPC) є одним із найефективніших інструментів повного управління якістю технологічних процесів, основною функцією якого є моніторинг та мінімізація варіацій процесу. Статистичний контроль процесів може науково розрізнити ненормальні відхилення в ході буріння.

Програми SPC включають три основні завдання послідовно:

- 1) моніторинг процесу;
- 2) діагностика відхиленого процесу;
- 3) вжиття коригувальних дій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При рішенні проблем у предметній області, де є недосліджена частина проблеми ефективним є поєднання методології прецедентного міркування із специфікаціями теорії представлення та задоволення (дотримання) обмежень.

Нафтогазова галузь характеризується технологічною структурою, на вершині якої є корпоративні або вчені та інженери певного підрозділу з великим технічним досвідом та неглибокими знаннями технологій та процесів, що використовуються для виробництва. Під цією структурою знаходиться робоче середовище виробництва. Існує також група технічно кваліфікованих осіб, які мають офіційну підготовку,

інженерно-технічні та наукові знання у сфері буріння. В основі технологічної структури виробничого процесу є оператори, які зазвичай мають досвід та практичні знання, але яким загалом бракує глибини та широти навчання. Прийняття рішень щодо технологічних процесів буріння базується на методах оснований в першу чергу з інженерним досвідом та літологією родовища. Існує поріг, при якому типовий оператор більше не може сприяти ефективному рішення, і потрібно використовувати інші технічні ресурси.

В області інтелектуальних систем прийняття рішень методології міркування на основі прецедентів є способом ефективного включення експертного досвіду у процес прийняття рішень [2–3].

Методи, що запропоновані згідно сучасних досліджень [4], поєднують моделі, орієнтовані на дані, які не мають апріорних знань про буріння, та традиційні фізичні моделі, що побудовані на знаннях.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** З рухом до комп'ютерно-інтегрованого виробничого середовища потрібно розробляти комп'ютерні додатки для автоматичного виконання всіх завдань SPC. Однак досвід показує, що майже всі дослідження в цій галузі зосереджені лише на автоматизації моніторингу процесу. Діагностику відхилень в ході процесу та рішення щодо вжиття коригувальних дій, виконують фахівці, які здійснюють роботу. Відкритою є аналітична проблема інтелектуальної функціональної підтримки прийняття рішень оператором, яку не можливо адекватно описати набором одночасних алгебраїчних рівнянь.

**Формулювання цілі статті.** Метою статті є вибір параметрів контролю процесів буріння в розпізнанні шаблонів при виникненні відхилень процесу буріння. Визначення структурної схеми, функціональних зв'язках та особливостей процесу буріння з метою визначення повного набору даних необхідних для прийняття рішення, шляхом створення бази знань, яка має деталі представленого виробничого середовища, її використання також повинно слугувати для підвищення кваліфікації, судження та рівня досвіду нових та існуючих операторів. Визначення методу формування рішення на основі комплексу контрольованих параметрів, що якісно розв'язується за допомогою експертних систем, що працюють на основі накопиченого досвіду.

#### **Виклад основного матеріалу та отриманих наукових результатів**

**Інтелектуальний статистичний контроль процесів.** Контроль експлуатації свердловини включає такі дослідження, як газовий каротаж, петрофізичні дослідження, виділення в розрізі нафтогазоперспективних пластів-колекторів, вивчення фільтраційно-ємнісних властивостей і характеру насичення по розрізу, експресному випробування.

Геолого-технологічні дослідження родовищ з використанням моделей, заснованих на штучному інтелекті (ШІ) проводяться з метою контролю в режимі реального часу за життєвим циклом будівництва:

- контроль режиму роботи бурових комплексів на родовищах;
- контроль технологічного стану обладнання бурової і об'єктів інфраструктури буріння і будівництва свердловин;
- контроль і облік витрат енергоресурсів;
- контроль за проведенням регламентних і планово-попереджувальних робіт;
- контроль екологічних характеристик середовища на об'єктах буріння та установках;
- контроль і автоматизоване управління в аварійних і позаштатних ситуаціях.

Інтелектуальний статистичний контроль процесів передбачає, що бурові системи на основі прецедентів пропонують робочі параметри процесів буріння в реальному часі співвідносяться з величезними обсягами даних про процес, що зберігаються у віртуальному середовищі. Завданням контролю є визначення можливих причин при виникненні відхилень процесу буріння:

- 1) недостовірність вхідної геолого-фізичної інформації;
- 2) неточність математичних моделей, що застосовані;
- 3) неправомірність застосування моделі до даних відповідної категорії.

Буровий супервайзінг передбачає виявлення бурових випадків, визначення причин відхилень від запланованих процесів, прогнозування параметрів буріння, аналіз поведінки буріння та консультування бурових дій, виявлення та оцінка можливих ризиків, розробку контрольних процедур (див. рис. 1).

Класи знань, які повинні бути декларативно та процедурно представлені, включають наступне: процес; методи статистичного контролю процесів (SPC); тести контролю якості; вхідні параметри; умови виконання процесів; цілі та завдання; обмеження; рекомендації; конфігурація управління.

Моделі на основі підходу орієнтованому на дані здатні використовувати інформацію прецедентів роботи свердловин являє собою великий і недостатньо використаний ресурс для більшості бурових робіт компанії. Модель, заснована на штучному інтелекті, орієнтована на дані, є економічно ефективним способом відображення складної динаміки свердловин, які не охоплюються існуючими моделями. З іншого боку, фізичні моделі є більш надійними при зіткненні з ситуаціями, які не спостерігались у попередніх часових рядах. Тому важко створити модель, орієнтовану на дані, яка перевершує фізичну модель у будь-який час, так само, як важко створити фізичну модель який фіксує кожну деталь свердловини та процес буріння. Гібридні системи можуть поєднувати найкращі з обох підходів. Це важливо для практики реалізації штучного інтелекту.



Рис. 1. Інформаційна система супервайзингу будівництва та експлуатації свердловин

Отже, слід розглядати застосування гібридної техніки штучного інтелекту при побудові системи SPC в режимі реального часу, в якій підсистема моніторингу контрольної карти на основі штучної нейронної мережі та підсистема інтерпретації сигналізації на основі експертної системи інтегровані для автоматичного комплексного виконання завдань SPC. Ця система надає спеціалісту з якості три типи інформації, що стосуються поточного стану процесу:

- 1) стан процесу (контрольний або позаконтрольний, якщо вийде з-під контролю, буде подано сигнал тривоги);
- 2) вірогідні причини ситуації, що не підлягає контролю;
- 3) ефективні дії проти ситуації, що не підлягає контролю.

Гібридний інтелект може бути корисно застосований для вирішення проблем у системі SPC в режимі реального часу. По-перше, навчальні та тестові дані генеруються за допомогою алгоритму моделювання. Потім параметри структури мережі та параметри навчання оптимізуються для отримання найкращого навчального ефекту. Нарешті, пропонується метод порівнюється з традиційними методами та іншими методами глибокого навчання.

Він має очевидні переваги перед іншими методами в точності розпізнавання:

- можна ефективно визначити ненормальні моделі даних у фактичному виробництві;
- параметри структури мережі та параметри навчання оптимізовані для отримання найкращого навчального ефекту;
- пропонується метод порівнюється з традиційними методами та іншими методами глибокого навчання.

Інтелектуальний статистичний контроль процесів (ISPC) дозволяє виявити аномальні показники технологічного процесу буріння, завдяки чому виконавці можуть вчасно вживати заходів для усунення відхилень та відновлення стабільності процесу, щоб досягти мети покращення та контролю якості.

Алгоритми машинного навчання мають потужні можливості розпізнавання зразків, їх застосуванням у галузі розпізнавання шаблонів контрольних діаграм (control chart pattern recognition – CCPR).

Усі компоненти процесу, що представляють виробничий процес, повинні бути змодельовані в базі знань структурованим чином. Ключові компоненти процесу, що визначають їх форму, придатність та функціональність, а також їх динаміку та поведінку в роботі, повинні бути представлені прямолінійно.

База знань використовує ряд методів для отримання інтелектуальних результатів управління статистичним процесом. Ці методи повинні бути конкретно та декларативно представлені в базі знань, що дозволить їх легко модифікувати, налаштовувати та вдосконалювати, враховуючи зміни в навколишньому середовищі. Зокрема, методи охоплюють прості одновимірні, багатовимірні, часові ряди та динамічні методи, які включають специфічний розвиток статистики випробувань, коефіцієнтів довіри, верхніх і нижніх меж контролю.

База знань має можливість міркувати на основі знань про застосування найбільш ефективного методу SPC для досягнення заданої мети та завдання навколишнього середовища.

При вивченні статистичних закономірностей, складних фізичних явищ, взаємозв'язку технологічних процесів, настає момент, появи нової ідеї, коли сукупність параметрів надає підстави розглядати процес з нових позицій. Що дає можливість знайти рішення. Загалом, систему ISPC можна охарактеризувати як домен-залежну оболонку рішення, яка є гнучким та реконфігурованим додатком для вирішення можливостей ISPC в режимі управління та управління процесами у промисловості (рис. 2).

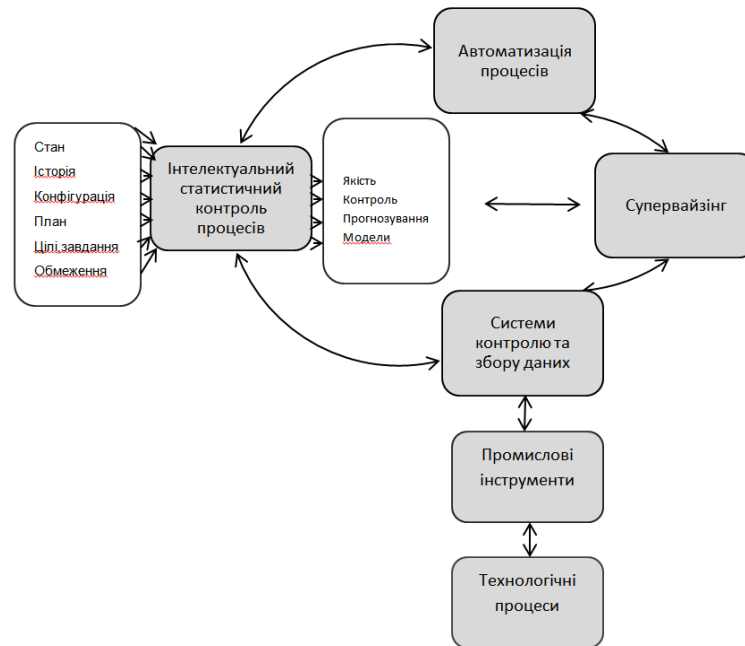


Рис. 2. Місце інтелектуального статистичного контролю як частина архітектури комп'ютерно-інтегрованого виробництва

Переповнення інформації може бути одною з головних причин серйозних аварій, тому необхідно встановити пріоритети, щоб визначити, які небезпеки насправді є важливими для відображення операторам.

Мета сучасних засобів управління та автоматики – забезпечити надійний ступінь стабільності та якості виробничого середовища. Найчастіше це досягається додаванням елементів прямого керування та зворотного зв'язку, застосовуючи закон управління пропорційними інтегральними та похідними режимами.

**Інтелектуальна підтримка прийняття рішень.** Дослідження аварій зазвичай вказують на недоліки у процесі прийняття рішень на певній стадії технологічного процесу. Це призводить до непослідовних, а іноді і нестабільних результатів виробництва. Іноді затримки часу можуть спричинити мінливість атрибутів відповідності технологічних процесів буріння, а також загальну втрату продуктивності та прибутку. Більше того, серед операційного персоналу спостерігається природна плінність. Цей оборот призводить до поєднання рівнів кваліфікації на нижньому рівні управління виробництвом, що варіюється від операторів із десятиліттями майстерності, суджень та досвіду до новачків, які намагаються вчитися якнайкраще. Таким чином, покращення підтримки прийняття рішень є одним із заходів, який може запобігти аваріям та забезпечити безперервний процес буріння.

Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень оператором, яка містить набір інтелектуальних засобів, дозволяє усунути наведені проблеми. Впроваджуючи аналітику та інструменти інтелектуальної підтримки прийняття рішень дає можливість краще використовувати дефіцитний людський досвід, сприяти покращенню експлуатаційних показників та забезпечувати відповідність стандартам безпеки.

Вимоги та атрибути системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень знаходяться в чотирьох сегментах: якість, організація, обмеження, модель (рис. 3).

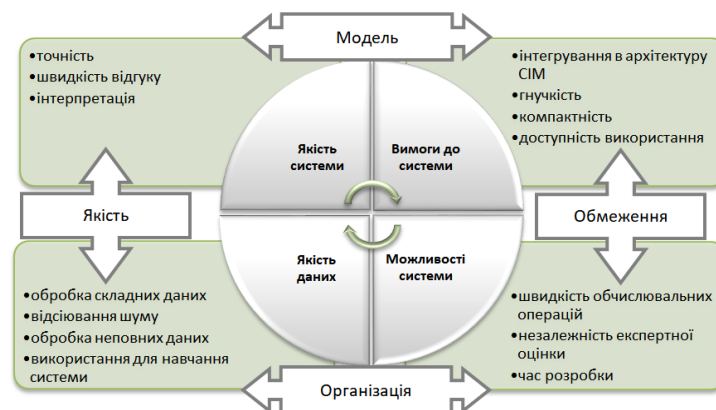


Рис. 3. Вимоги та атрибути системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень

Інтелектуальна функціональність підтримки прийняття рішень є частиною архітектури СІМ (computer-integrated manufacturing), а також архітектури розподіленої системи управління. Функціонал інтегрується так, щоб отримати поточний статус, цілі, завдання та обмеження. Ця інформація повинна бути автоматично розміщена в базі знань, що підтримує прийняття рішень оператором, не вимагаючи втручання оператора або регулярного обслуговування. Ця інтелектуальна функціональність створить середовище, яке підтримує, реагує та актуальне у своїх рекомендаціях.

Складність рішення при бурінні зумовлена кількома факторами: великі підземні невизначеності, неточні та ненадійні вимірювання, відсутність прогностичних моделей, суперечливі цілі між задіяніми технічними дисциплінами та труднощі, з якими стикаються люди рішення в ситуаціях, обмежених часом.

При прийнятті рішень використовують наступні теорії вибору:

1. Теорія раціонального вибору, яка передбачає чітко визначені та визначені ситуації, чіткі ролі та обов'язки, чітко визначені альтернативи та необмежений час та ресурсів.

2. Теорія обмеженої раціональності, яка передбачає чітко визначену та визначену ситуації, але що враховує, що ролі та обов'язки можуть бути менш чіткими, це альтернативні рішення можуть бути розроблені лише частково, а також час і ресурси обмежені.

3. Теорія прийняття рішень, що базується на емпіричних дослідженнях прецедентів технологічних процесів – натуралістичне прийняття рішень.

Натуралістичне прийняття рішень – напрям досліджень, який є найбільш орієнтованим щодо рішень, коли вони розгортаються в реальних умовах і являє собою перехід від загального підходу до прийняття рішень до вирішення підходу, заснованого на знаннях особи, що приймають рішення зі значним досвідом.

Інтелектуальна підтримка прийняття рішення враховує такі характеристики процесу буріння, аварійних ситуацій зокрема, як:

- 1) невизначені цілі та неправильно структуровані завдання;
- 2) невизначеність, двозначність та відсутність даних;
- 3) зміна та конкуруючі цілі;
- 4) динаміка та постійні зміни умови;
- 5) цикли зворотного зв'язку дії (реакції в реальному часі на змінені умови);
- 6) стрес у часі;
- 7) високі ставки;
- 8) кілька гравців;
- 9) організаційні цілі та норми;
- 10) досвідчене рішення виробників.

Моделі імовірнісних рішень розроблені для цілого ряду типових проблем буріння, наприклад, зміна долота, корпусу, напливу газу тощо.

Рішення з інтелектуальною підтримкою поєднує в собі візуалізацію статусу буріння, ризику та прогресу на високому рівні з інструментами прийняття рішень, що базуються на загальній платформі соціальної співпраці, інтегрованій із існуючою галузевою стандартною ІТ-інфраструктурою компанії-оператора і базується на технологіях мереж, математичних моделях прийняття рішень та візуалізації даних.

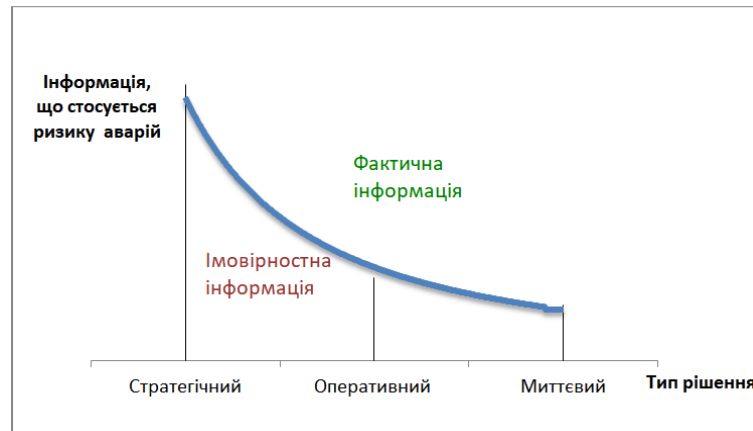
Різні інструменти та методи надання інформації про ризики в якості підтримки прийняття рішень використовуються в переробних галузях, проте існуючі методи кількісного аналізу ризику не завжди забезпечують належну підтримку для оперативних рішень у нафтогазовій галузі. Однією з причин цього є те, що в основному проводиться аналіз, що охоплює технічні аспекти підтримки і відображає лише обмежені операційні та організаційні питання. Ці методи забезпечують підтримку рішень, що приймаються на основі експлуатаційних практик та інших рішень. Однією з причин цього є те, що в основному проводиться аналіз, що охоплює технічні аспекти і відображає лише обмежені операційні та організаційні питання. Ці методи дають корисне рішення підтримки вибору експлуатаційних практик. Однак ці методи не обов'язково дають хороші відповіді, якщо є необхідність вирішення, конкретної ситуації чи конкретної операції миттєво. Кількісний аналіз ризику також має значення у підготовці плану реагування на надзвичайні ситуації і є основним інструментом у процесі прийняття рішень. Він застосовується для прийняття рішень після виникнення інциденту. Важливим аспектом є робота спрямована на запобігання інцидентам.

Більшість операторів проходять певний ступінь навчання та ознайомлення з процесами, що з часом покращує їхні навички, судження та досвід. Однак вага інформації може бути значною, неорганізованою, нецільовою та складною для використання під час стресу в нестандартних ситуаціях.

Доцільно говорити про рішення, коли між розглядом і висновком існує проміжок часу та дії або результату рішення. Це проміжок відставання часу варіюється. У рішеннях, що стосуються стратегічних та оперативних питань, як правило, можуть бути вказані причини конкретного вибору між альтернативами до того, як відбудеться дія або до досягнення врегулювання. Прикладом є планування операції. В інших ситуаціях затримка часу мінімальна. Це може бути в надзвичайних ситуаціях, коли часу на систематичне

оцінювання альтернатив немає, оскільки дії повинні бути вжиті негайно та причини вибір може бути наданий лише ретроспективно.

Типи інформації слід розглядати як імовірнісну та фактичну рис. 4 [5].



**Рис. 4. Інформаційна основа для різних типів рішень, пов'язаних з ризиком аварій**

Прийняття великих і малих рішень на ходу – це частина кожного робочого процесу. На загальному рівні існує три різні ситуації прийняття рішень (стратегічне, оперативне, миттєве) залежно від типу інформації, яка була використана як основа для прийняття рішень.

Для стратегічних довгострокових рішень значна частина основи для розгляду основних ризиків аварії буде імовірнісною інформацією.

Оперативні рішення базуються на поєднанні ймовірнісної та фактичної інформації.

Миттєві рішення, прийняті операторами, здебільшого базувалися на фактичній інформації.

Застосування різних типів інформації, описаних вище, має деякі наслідки для того, як рішення можуть бути підтримані. Стратегічні, оперативні та миттєві процеси прийняття рішень різні, не тільки щодо часового горизонту, але й коли справа стосується типу інформації, яка є застосовується та тип персоналу, який бере участь у процесах.

Принципи інтелектуальної підтримки прийняття рішень повинні відображати такі відмінності:

- покращення фактичної та імовірнісної інформаційної бази для прийняття миттєвих рішень;
- рішення підтримується засобами візуалізації небезпечних зв'язків між операціями технологічного процесу.

Функціональними областями, в яких підхід до бази знань для підтримки прийняття рішень оператором може бути розгорнутий є:

- посібники, стандарти та коригувальні дії;
- навчання;
- моделювання та прогнозування;
- процес, поради та розуміння.

Технологічний цикл управління процесом видобутку формується інформаційним циклом «Вимірювання – Корекція – Контроль – Прогноз – Вплив». Однак, прецеденти, не завжди використовуються ефективно для аналізу процесів через відсутність добре організованих даних, де існує величезний потенціал перетворення даних у знання [5]. В цих умовах важливим є створити базу знань, яка б структурувала та кодифікувала цю інформацію та дозволяла подавати та фокусувати потрібну інформацію з урахуванням стану виробництва. Базу знань, що містить стандартні посібники та документацію, технічні та технічні особливості, а також узгоджені стандарти та коригувальні дії. Ця інтелектуальна система документації є взаємопов'язана із загальним виробничим та обчислювальним середовищем. Коли виникає проблема, замість того, щоб оператору доводилося поспішати, намагаючись знайти належні знання, стандартні коригувальні дії або відповідь, база знань може розумно направити цю інформацію безпосередньо на оператора. Ця база знань повинна містити таку інформацію:

- специфіка процесу;
- особливості контролю;
- режим виробництва;
- стандартні посібники з експлуатації;
- стандартна операційна політика;
- стандартні коригувальні дії;

- неповерхневе розуміння технологій;
- навичка, судження та досвід оператора;
- спеціальні знання для сайту;
- цілі та завдання, як їх розуміють на даний момент;
- поточні обмеження;
- виготовлення рецептів та альтернатив;
- варіанти та альтернативи оператора.

Технологія експертних систем забезпечує загальну інтелектуальну логіку та структуру управління, що дозволяє цій програмі зосередитись на підтримці оператора, враховуючи певний стан. Важливим є ведення статистики та здійснення аналізу проблем, що мали місце в минулому, проведені коригувальні дії та подальші результати процесу. Ця інформація є дуже цінною як джерело аналізу для покращення загального виробничого середовища.

База знань, забезпечує такі функціональні можливості:

- конкретна логіка підтримки прийняття рішень, враховує поточний виробничий стан;
- презентує альтернативи, засновані на дослідженні інтерактивного оператора.
- здійснює статистичний та аналіз даних про процес, що підтримує функцію автономної підтримки прийняття рішень для вдосконалення та впорядкування операцій;
- формує послідовність реакцій, що пропонується оператору;
- уможливорює інтелектуальне отримання допоміжної інформації в інтернеті та в інтерактивному режимі.
- поширює дефіцитні виробничі знання до базового нижнього рівня виробництва.

Важливо передбачити оновлення бази знань подіями, які відбуваються в реальному виробничому середовищі. Це забезпечить постійний процес навчання, пов'язаний з усіма процесами, навіть процесами, що існували протягом значної кількості років.

На додаток до навчання операторів для надання їм розуміння процесів та практичного досвіду, існує величезна можливість у забезпеченні інтелектуального середовища моделювання, яке б імітувало навчальне середовище для підтримки прийняття рішень на рівні виробництва в цілому.

Основні параметри процесу буріння – це теоретичні міркування, спрямовані на введення понять, пов'язаних із імітаційним моделюванням та комп'ютерним моделюванням в бурінні. Аспекти параметризації мають важливе значення при прийнятті рішень у процесі буріння свердловин на нафту і газ. Пошук оптимального проектного рішення передбачає розгляд безлічі варіантів розробки, і на практиці фахівці спираються на минулий досвід, вибираючи об'єкти-аналоги з готовими рішеннями, які застосовуються до нового об'єкту [7].

Інтелектуальна підтримка прийняття рішень вимагає об'єднання різномірних джерел інформації, які мають принципово різні уявлення, які потрібно розумно узгодити для побудови когнітивного та інтегрованого інтелектуального застосування. Завдяки евристичним методологіям, заснованим на знаннях, мета побудови такої системи може бути реалізована.

Моделювання, засноване на правилах, дуже вміло представляє вільні та відкриті моделі, які призводять до точних формалізмів для вирішення складних проблем, орієнтованих на перехід. Цілком природно використовувати правила в якості детекторів стану, ліва сторона яких чітко вказує на можливий стан, а права – втілення наслідків та дій, які слід вжити, якщо даний стан проявляється. Значна частина інтелектуальних функціональних можливостей підтримки прийняття рішень обертається навколо моделювання можливих станів і пов'язування з ними підтримки, необхідної для того, щоб оператор установки мав інформацію та своєчасні поради щодо прийняття правильного рішення. У декларативному компоненті бази знань необхідно побудувати структуровану таксономію, що представляє різні сутності, неоднакові джерела інформації та їх взаємозв'язки, необхідні для вирішення питань, які можуть мати місце в технологічному процесі.

Використовуючи об'єктно-орієнтоване представлення та методології, що базуються на правилах, стає можливою формування структури бази знань, яка може відповідати на безпосередні проблеми.

Кількість знань, пов'язаних із реальними системами підтримки прийняття рішень для допомоги операторам, занадто велика, щоб практично міститися в пам'яті або навіть у віртуальній пам'яті будь-якого традиційного комп'ютера. Розробити такий додаток стає абсолютно необхідним використанням стійкої архітектури стабільного зберігання. Ідеальний кандидат для цього буде реляційною базою даних, яка підтримує SQL. Ця реляційна база даних фактично забезпечить функціональність глобальної бази знань, що містить всю інформацію, необхідну для побудови інтелектуального додатку. Потім ця інформація отримуватиметься на вимогу в базі знань в пам'яті для подальших міркувань для підтримки оператора.

Ця взаємодія між базою знань в пам'яті, що складається з об'єктів, правил та методів, та реляційною базою даних стабільного зберігання є ключовим фактором для створення відповідної та розширюваної інтелектуальної програми в цій галузі.

**Висновки та перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі.** Побудова інтелектуального середовища моделювання на традиційному комп'ютері в поєднанні з пропонованими реляційними базами даних, дає можливість створити надзвичайно гнучку, інтегровану та розширювану інтелектуальну систему автоматизації. Доведено, що поєднуючи орієнтовані на дані моделі з фізичними моделями, можна отримати високі результати щодо використання даних прецедентів, показників експлуатації обладнання, запобігання ускладнень, тим самим покращити показники отримання віддачі від інвестицій у штучний інтелект.

Розроблено схему вимог та атрибутів системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень з огляду на якість, організацію, обмеження та модель.

Отримані висновки вказують, що ефективно контролювати дані процесу та отримувати більш точний та поточний опис основних виробничих процесів дозволяє застосування засобів штучного інтелекту, концепцій, прийомів та методологій.

Майбутнім напрямком розвитку дослідження є шляхи інтеграції інтелектуалізації, як ієрархічно, в вертикальному напрямку, так і на горизонтальному рівні, обробки інформації, контролю та аналізу, прийняття рішень та можливість розширення запропонованої методології від окремих технологічних процесів до процесу буріння в цілому.

### Література

1. Barták R., Dechter R. Constraint Processing. New-York: Morgan Kaufmann Publisher, 2003. 210 p.
2. Вовк Р.Б. Формалізація представлення технологічних проблем в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень / Р.Б. Вовк, М.С. Чесановський, Л.О. Потеряйло // Автоматизоване управління багатовимірними об'єктами на засадах обчислювального інтелекту, присвячена 50-річчю кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій: Всеукр. наук.-практ. конф., Івано-Франківськ, 17-19 жовтня 2018р. : тези доп. - Івано-Франківськ, 2018. - С. 46-47
3. Чесановський М.С. Формально-метричні аспекти кейс-базованих реалізацій при вирішенні технологічних проблем буріння / Чесановський М.С., Шекета В.І., Потеряйло Л.О. // Науково-технічний журнал. Математичні машини та системи. – 2019. – №1. – С. 94–106.
4. G. Gola, R. Nybo, D. Sui, and D. Roverso, Improving management and control of drilling operations with artificial intelligence, SPE Intelligent Energy International (Utrecht, The Netherlands), Society of Petroleum Engineers, March 27–29 2012
5. Trond Kongsvik, Petter Almklov, Torgeir Haavik, Stein Haugen, Jan Erik Vinnem, Per Morten Schiefloe Decisions and decision support for major accident prevention in the process industries Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Elsevier. May 2015
6. Потеряйло Л.О. Знання орієнтовані методи прийняття рішень в моделюванні тренажерів технологічних процесів / Л.О. Потеряйло, В.В. Процюк, К.І. Кравців // Науково-технічний журнал. Методи та прилади контролю якості. – 2020. - №2.- рекомендовано до друку
7. Потеряйло Л.О. Моделювання імітаційної моделі керування процесами буріння на основі прецедентів /Потеряйло Л.О., Процюк В.В., Кравців К.І./ Всеукраїнська наук.-практ. конф. «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості» - ITOTП-2020 -Івано-Франківськ, 8 жовтня 2020. – С.224-227.

### References

1. Barták R., Dechter R. Constraint Processing. New-York: Morgan Kaufmann Publisher, 2003. 210 p.
2. Vovk R.B. Formalizatsiia predstavleniia tekhnolohichnykh problem v intelektualnii systemi pidtrymky pryiniattia rishen / R.B. Vovk, M.S. Chesanovskiyi, L.O. Poteriailo // Avtomatyzovane upravlinnia bahatovymirnymy ob'ektyamy na zasadakh obchysliuvalnoho intelektu, prysviachena 50-richchiu kafedry avtomatyzatsii ta kompiuterno-intehrovanykh tekhnolohii: Vseukr. nauk.-prakt. конф., Ivano-Frankivsk, 17-19 zhovtnia 2018r. : tezy dop. - Ivano-Frankivsk, 2018. - S. 46-47
3. Chesanovskiyi M.S. Formalno-metrychni aspekty keis-bazovanykh realizatsii pry vyrishenni tekhnolohichnykh problem burinnia/ Chesanovskiyi M.S., Sheketa V.I., Poteriailo L.O. // Naukovo-tekhnichnyi zhurnal. Matematychni mashyny ta systemy. – 2019. – №1. – С. 94–106.
4. G. Gola, R. Nybo, D. Sui, and D. Roverso, Improving management and control of drilling operations with artificial intelligence, SPE Intelligent Energy International (Utrecht, The Netherlands), Society of Petroleum Engineers, March 27–29 2012
5. Trond Kongsvik, Petter Almklov, Torgeir Haavik, Stein Haugen, Jan Erik Vinnem, Per Morten Schiefloe Decisions and decision support for major accident prevention in the process industries Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Elsevier. May 2015
6. Poteriailo L.O. Znannia oriyentovani metody pryiniattia rishen v modeliuvanni trenazheriv tekhnolohichnykh protsesiv/ L.O. Poteriailo, V.V. Protsiuk, K.I. Kravtsiv // Naukovo-tekhnichnyi zhurnal. Metody ta pryklady kontroliu yakosti. – 2020. - №2 - rekomendovano do druku
7. Poteriailo L.O. Modeliuvannya imitatsionnoi modeli keruvannya protsesamy burinnia na osnovi pretsedentiv /Poteriailo L.O., Protsiuk V.V., Kravtsiv K.I./ Vseukrainska nauk.-prakt. конф. «Informatsiini tekhnolohii v osviti, tekhnitsi ta promyslovosti» - ITOTП-2020 - Ivano-Frankivsk, 8 zhovtnia 2020. – S.224-227.

Надійшла / Paper received: 15.10.2020

Надрукована / Paper Printed : 01.12.2020